

PENGARUH BAHAN PENGISI ABU LIMBAH GIPSUM PADA CAMPURAN BETON ASPAL MENGGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI LATEKS DENGAN METODE UJI MARSHALL

Yosea Managam Sianturi¹, Risma M. Simanjuntak², Setiyadi³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia
Email: yoseamanagam@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia
Email: risma.simanjuntak@uki.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia
Email: setiyadi021164@gmail.com

Masuk: 07-12-2022, revisi: 16-12-2022, diterima untuk diterbitkan: 09-01-2023

ABSTRAK

Filler (bahan pengisi) pada perkerasan jalan yang umum digunakan saat ini ialah abu batu, serbuk batu kapur dan semen portland yang merupakan hasil produksi yang terbatas sehingga dibutuhkan alternatif bahan lainnya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bermaksud mengkaji pemanfaatan abu limbah gipsum sebagai *filler* untuk mengetahui karakteristik Marshall beton aspal. Bahan pengisi (*filler*) merupakan salah satu bahan yang memiliki fungsi penting, khususnya sebagai pengisi rongga-rongga pada campuran aspal beton. Penggunaan aspal modifikasi lateks sebesar 7% dari kadar aspal optimum 6% dan pencampuran *filler* abu limbah gipsum pada *filler* abu batu dengan variasi sebesar 5% 6% 7% 8% diharapkan dapat meningkatkan nilai stabilitas sekaligus menurunkan tingkat penurunan stabilitas dan kelenturan akibat adanya perendaman ulang benda uji dengan proses basah kering. Uji Marshall dan volumetrik pada benda uji tanpa rendaman dengan kadar abu gipsum $\geq 6,5\%$ menunjukkan mayoritas benda uji memenuhi standar Bina Marga 2010 revisi 2 kecuali nilai kelelahan. Hasil uji pada kadar *filler* abu limbah gipsum $\geq 6,5\%$ juga memperlihatkan peningkatan nilai stabilitas dan Marshall Quotient (MQ), ini berarti benda uji semakin bersifat kaku. Hasil uji terhadap benda uji yang mengalami perendaman ulang menyebabkan penurunan nilai stabilitas terkecil pada kadar *filler* abu gipsum 6,5% yaitu sebesar 8%. Pada campuran tanpa abu gipsum yang mengalami perendaman, penurunan stabilitas dapat mencapai 36,18%. Nilai Marshall Quotient dari hasil perendaman mengalami penurunan yang lebih kecil pada kadar *filler* abu limbah gipsum 6,5% yaitu sebesar 180,41 kg/mm dibandingkan dengan campuran tanpa abu gipsum dengan penurunan sebesar 182,59 kg/mm. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu limbah gipsum pada kadar 6,5% merupakan campuran yang dapat direkomendasikan sebagai bahan perkerasan jalan lentur.

Kata kunci: abu limbah gipsum, lateks, *Marshall Quotient* (MQ), perendaman ulang, stabilitas

ABSTRACT

The fillers that are commonly used in flexible pavement are stone ash, limestone powder and portland cement which are limited production results, so other alternative materials are needed. Based on this, this study intends to examine the use of gypsum waste ash as a filler to determine the characteristics of asphalt concrete using Marshall method. Filler is a material that has an important function, especially as a filler for cavities in asphalt-concrete mixtures. The use of latex modified bitumen of 7% of the optimum asphalt content of 6% and mixing of gypsum waste ash filler with rock ash filler with a variation of 5%, 6%, 7%, and 8% is expected to increase stability value and reduce the decrease in the level of stability and flexibility due to re-soaking specimens by wet dry process. Marshall tests and volumetric tests on specimens without immersion with a gypsum ash content of $\geq 6.5\%$ showed that the majority of the specimens were in accordance with Bina Marga Standard 2010 revision 2 except for the flow value. Test results at filler content of gypsum waste ash $\geq 6.5\%$ also showed an increase in the value of stability and Marshall Quotient (MQ), this means that the test object is getting stiffer. The test results on the test specimens which experienced re-soaking caused the smallest decrease in stability values at 6.5% gypsum ash filler content, which was 8%. In the mixture without gypsum ash which was re-soaked, the decrease in stability could reach 36.18%. The Marshall Quotient value from the soaking results showed a smaller decrease in the filler content of 6.5% gypsum waste ash which was 180.41 kg/mm compared to the mixture without gypsum ash with a decrease of 182.59 kg/mm. From the results of this study it can be concluded that the use of gypsum waste ash at a content of 6.5% is a mixture that can be recommended as a flexible pavement material.

Keywords: gypsum waste ash, latex, *marshall Quotient* (MQ), stability, re-soaking

1. PENDAHULUAN

Aspal sebagai bahan campuran pada perkerasan jalan lentur bersifat viscoelastis, yang mana durabilitas campurannya dipengaruhi oleh suhu, kadar aspal, campuran agregat, dan beban lalu lintas yang ada. Perkerasan jalan lentur seringkali mengalami kerusakan seperti retak, lendutan dan penurunan pada lapisan permukaan jalan sebelum waktu pelayanan berakhir. Kerusakan sebelum waktunya akan bermasalah pada pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan, terutama di sektor transportasi, dimana ketersediaan material di alam semakin terbatas serta membutuhkan biaya yang relatif tinggi untuk memperoleh material baru. Bahan pengisi (*filler*) merupakan salah satu bahan yang memiliki fungsi penting, khususnya sebagai pengisi rongga-rongga pada campuran aspal. Auditia et al. (2018) dalam penelitian sebelumnya telah melakukan pencampuran aspal dengan variasi gipsium 5%, 6%, 7%, 8% dan 9% dan diuji menggunakan metode Marshall. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan abu gipsium ke dalam campuran aspal sebagai pengganti bin 4 dapat meningkatkan kualitas campuran bitumen secara optimal, yaitu dengan kadar gipsium 6% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1113,40 kg, flow sebesar 4,8 mm dan nilai QM sebesar 231,96 kg/mm. Ini berarti penggunaan gipsium sebagai *filler* dapat meningkatkan stabilitas perkerasan jalan. Pada referensi lainnya, Hidayah (2021) juga melakukan penelitian mengenai penggunaan bubuk gipsium pada campuran beton aspal AC-WC dimana untuk mencapai peningkatan parameter Marshall yang tertinggi didapatkan hasil yang ideal adalah sebesar 7% dari berat pengganti *filler* semen, sedangkan Prasetyo (2019) pada penelitian yang sama namun menggunakan gipsium sebagai substitusi abu batu mendapatkan hasil penggunaan abu gipsium 5% untuk memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Penelitian lain yang dilakukan oleh Aminuddin (2018) yang menggunakan *filler* campuran gipsium dan bata merah pada campuran Laston mendapatkan penggunaan aspal optimum sebesar 6,5% untuk memenuhi syarat karakteristik Marshall. Dengan latar belakang beberapa referensi ini maka penelitian dilakukan dengan menggunakan *filler* abu gipsium yang sama namun dengan menggunakan aspal modifikasi lateks. Aspal modifikasi lateks ini sudah diteliti sebelumnya oleh Nursandah (2019) dimana pada penggunaan kadar lateks 7% dari berat aspal pada kadar aspal optimum 6,2% menggunakan uji Marshall mampu meningkatkan stabilitas lebih baik daripada penggunaan aspal murni dan memenuhi seluruh persyaratan Bina Marga 2010. Demikian pula penelitian yang pernah dilakukan oleh Thanaya (2016) yang menggunakan variasi persentase lateks pada campuran aspal beton AC-WC. Hasil uji menunjukkan penggunaan lateks 4% pada kadar aspal optimum 5,7% memenuhi semua karakteristik Marshall serta memiliki kemampuan menahan deformasi yang lebih baik. Penelitian lain oleh Dengan demikian aspal modifikasi lateks pada campuran beton aspal mempunyai kualitas pengikatan yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan aspal murni. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kualitas campuran aspal beton menggunakan aspal modifikasi lateks dengan menggunakan bahan tambah *filler* limbah gipsium sebagai pengganti sebagian *filler* abu batu dengan beberapa variasi penambahan. Persentase bahan pengisi abu limbah gipsium yang digunakan pada campuran aspal modifikasi lateks ini sebesar 5%; 6%; 7%; dan 8% dari berat abu batu standar campuran dan kadar lateks yang digunakan sebesar 7% dari berat aspal pada kadar aspal optimum 6%.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium dalam 3 tahap, yaitu:

1. Uji standar material yang digunakan berupa agregat dan aspal
2. Perencanaan campuran beton aspal
3. Pengujian benda uji tanpa dan dengan perendaman berulang sebanyak tiga kali
- 4.

2.1 Agregat

Agregat/batuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, maupun bahan pengisi (*filler*). Agregat kasar didefinisikan secara umum sebagai batuan yang tertahan pada saringan no. 8 (2,36 mm). Bentuk agregat kasar yang memenuhi standar adalah yang berbentuk kubikal dengan permukaan kasar sehingga mampu melekatkan aspal dengan baik. Agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan No. 8 atau 2,36 mm.

2.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan salah satu bahan pengisi rongga campuran aspal, sebagai bahan pengisi rongga udara pada agregat halus dan kasar sehingga campuran agregat menjadi semakin padat.

Selain menggunakan *filler* abu batu sebagai pengganti sebagian abu batu digunakan *filler* abu gipsum. Limbah gipsum yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah yang didapatkan dari proses produksi pembuatan *list profit*, papan berserat dan hiasan interior yang berbahan dasar gipsum. Limbah gipsum dapat berupa limbah produksi dan cacat produksi, yang kemudian dihaluskan menjadi abu dan disaring. Hingga saat ini, limbah gipsum belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan sebagai material urug tanah.

Gipsum dalam keadaan murni, berbentuk kristal yang berwarna abu-abu, putih, kuning, jingga ataupun berwarna hitam jika tidak murni. Gipsum terdiri dua macam yakni dehydrate (CaSO_4 dan $2\text{H}_2\text{O}$ serta air) dan andhirid (gipsum disuling dari 29,4% dari zat kapur dan 23,5% dari belerang). Gipsum akan berubah sebagai Basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan akan menjadi andhirid (CaSO_4) bila dicampur air panas atau air yang mempunyai kadar garam yang sangat tinggi. Pada suhu 1080 F atau 420 C dalam air murni berubah menjadi andhirid (Auditia & Rendih, 2018). Nama kimia gipsum ialah Kalsium Sulfat Hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$) sehingga material gipsum ini sangat dimungkinkan menjadi bahan *filler* pada campuran beton aspal. Komposisi kandungan kimia abu gipsum seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi kandungan kimia abu gipsum

Unsur Kimia	Kandungan %
Ca	23,28
H	2,34
CaO	37,57
H ₂ O	20,39

Agregat campuran yang digunakan menurut persyaratan gradasi agregat cara PB-0201-76 MPBJ dengan ketentuan berat sesuai dengan yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2 Syarat-syarat gradasi agregat campuran Laston

Ukuran saringan	% berat lolos saringan
3/4"	100
1/2"	80-100
3/8"	70-90
No. 4	50-70
No. 8	35-50
No.30	18-29
No.50	13-23
No.100	8-16
No.200	4-10

2.3 Modifikasi Aspal Lateks

Aspal sebagai bahan pengikat campuran beton aspal berwarna hitam atau coklat tua, padat hingga relatif padat pada suhu ruang. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat menyelimuti agregat atau menembus pori-pori agregat pada saat pencampuran beton aspal.

Di saat karet/lateks ditambahkan ke dalam aspal panas, lateks akan menyebar dalam bentuk partikel lateks yang halus. Akibat dampak panas partikel lateks akan menyerap kandungan minyak pada aspal sehingga mengembang dan melarut, dengan demikian akan menghasilkan bahan aspal berkaret yang biasa disebut aspal lateks.

Penambahan lateks pada aspal keras, memberikan indikasi untuk memperbaiki tahanan geser perkerasan beraspal pada temperatur tinggi sehingga bisa mencegah terjadinya retak-retak atau kelelahan plastis. Dalam hal ini juga karet alam tidak bisa disimpan dalam waktu yang panjang. Oleh karena itu, lateks yang biasa di pasaran memiliki senyawa kimia yang membuat karet alam tersebut tidak menjadi membeku seperti Amoniak (NH₃). Amoniak berfungsi mengawetkan lateks sebab bisa menekan aktifitas bakteri dengan meningkatkan pH lateks, menetralkan asam yang dibentuk oleh bakteri serta mengikat kation.

Pada penelitian yang dilakukan Prastanto (2018), didapatkan hasil dimana lateks kationik (L2) dan lateks pravulkanisasi 4 jam (L3) menghasilkan aspal karet yang lebih baik daripada aspal karet dengan campuran lateks pekat biasa (L1). Adanya ikatan silang pada lateks L3 membuat karet pada campuran aspal karet mempunyai elastisitas yang lebih tinggi.

Penelitian yang dilakukan Kim (2019) pada campuran *binder course* menggunakan aspal karet dengan proses basah menghasilkan ketahanan terhadap ruting yang lebih besar dan kinerja yang lebih baik pada retak fatik dibandingkan pada proses kering.

3. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

3.1 Hasil Uji Bahan Agregat dan Aspal

Hasil pengujian terhadap agregat kasar dan halus serta aspal menunjukkan semua hasil uji memenuhi standar persyaratan SNI seperti terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Data hasil uji agregat kasar dan halus

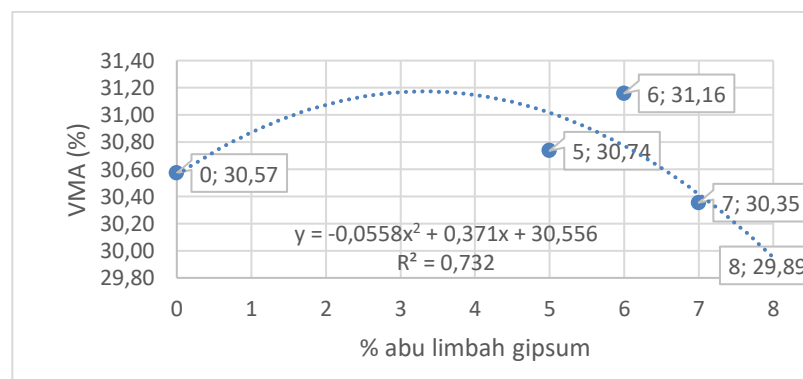
Jenis pengujian	Hasil	Standar persyaratan	Persyaratan	Keterangan
Berat jenis agregat kasar	2,66 gr/ml	SNI 1969: 2008	$\geq 2,5\%$	Memenuhi
Berat jenis agregat halus	2,63 gr/ml	SNI 1970: 2008	$\geq 2,5\%$	Memenuhi
Penyerapan agregat kasar	1,52%	SNI 1969: 2008	$\leq 3,0\%$	Memenuhi
Penyerapan agregat halus	1,32%	SNI 1970: 2008	$\leq 3,0\%$	Memenuhi
Abrasi dengan mesin Los Angeles	34,4%	SNI 2417: 2008	$\leq 40\%$	Memenuhi

Tabel 4 Data hasil uji aspal

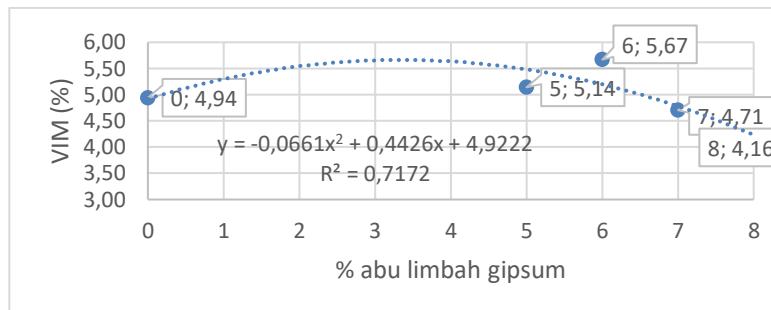
Jenis pengujian	Hasil	Standar persyaratan	Persyaratan aspal modifikasi	Keterangan
Berat jenis aspal	1,043 gr/ml	SNI 2441:2011	≥ 1	Memenuhi
Penetrasi aspal	99,8	SNI 2456:2011	Min 40	Memenuhi
Daktilitas aspal	120 cm	SNI 2432:2011	> 100 cm	Memenuhi
Titik lembek aspal	56°C	SNI 2434:2011	$> 54^\circ\text{C}$	Memenuhi
Titik nyala dan titik bakar aspal	304°C	SNI 2433:2011	$> 232^\circ\text{C}$	Memenuhi

3.2 Analisis Grafik Nilai Volumetrik dan Nilai Marshall Tanpa Perendaman

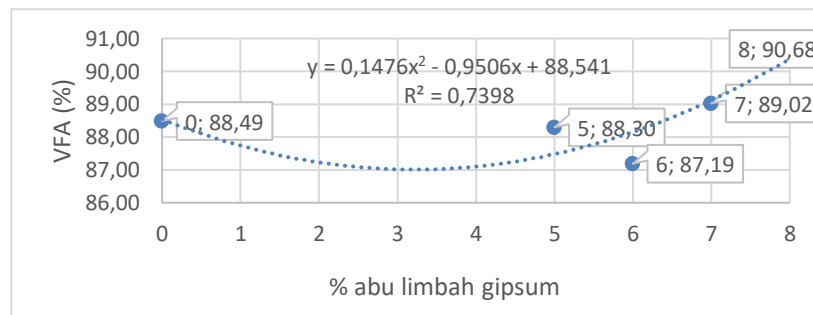
Hasil pengujian di laboratorium didapatkan nilai volumetrik berupa *Void in Aggregate Mixtures* (VMA) *Void in Mix* (VIM), dan *Void Filled with Asphalt* (VFA), nilai stabilitas, nilai kelelahan, dan nilai *Marshall Quotient* (MQ). Grafik hubungan antara masing-masing nilai VMA, VIM, VFA, stabilitas, kelelahan/flow, dan Marshall Quotient tanpa perendaman terhadap variasi penggunaan *filler* gipsum serta menggunakan aspal modifikasi lateks 8% terlihat pada Gambar 1 sampai dengan 6.



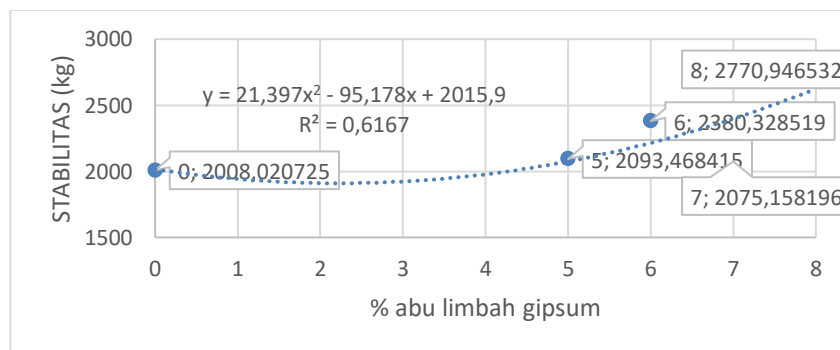
Gambar 1 Grafik nilai rerata VMA tanpa perendaman



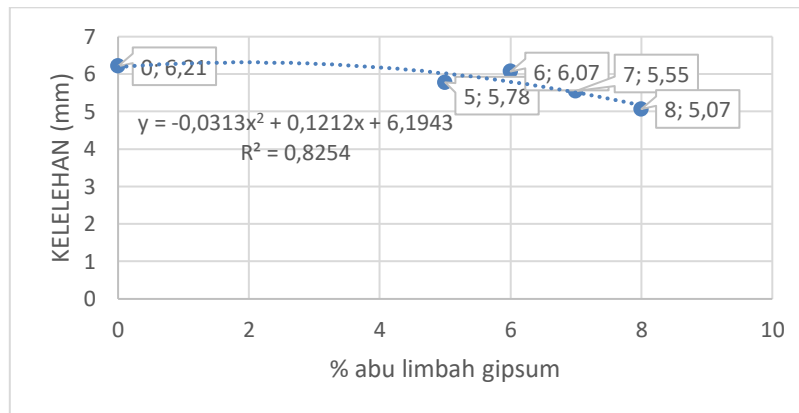
Gambar 2 Grafik nilai rerata VIM tanpa perendaman



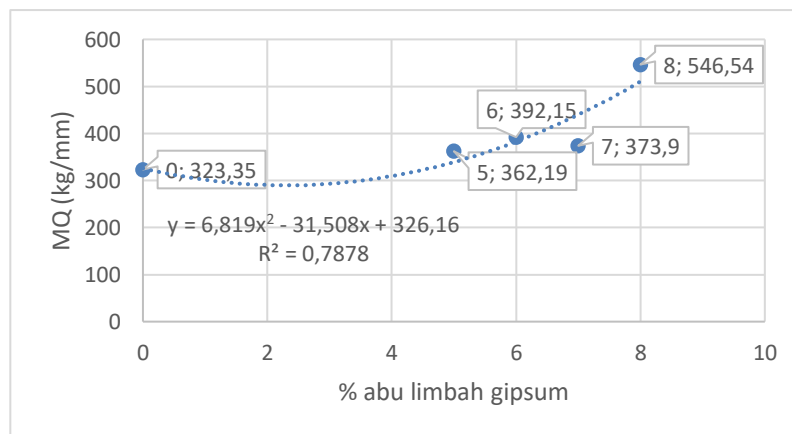
Gambar 3 Grafik nilai rerata VFA tanpa perendaman



Gambar 4 Grafik nilai rerata stabilitas tanpa perendaman



Gambar 5 Grafik nilai rerata keelehan/flow tanpa perendaman



Gambar 6 Grafik nilai rerata Marshall Quotient (MQ) tanpa perendaman

Dari grafik pada Gambar 1 sampai 6 didapatkan nilai minimum penambahan abu gipsium yang hampir memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 revisi 2 adalah sebesar 6,5% dengan hasil nilai volumetrik dan nilai Marshall seperti tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil uji sesuai persyaratan campuran Laston menggunakan 6,5% abu gipsium

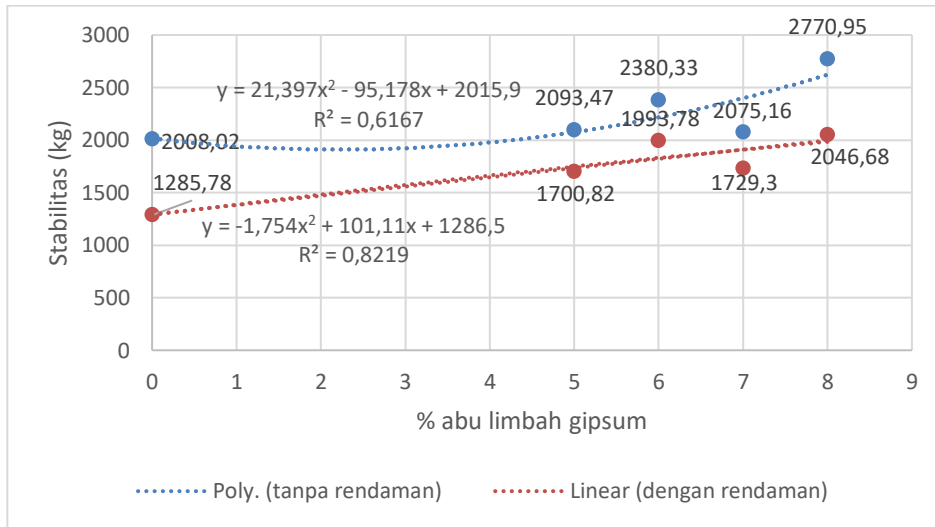
Sifat campuran	Hasil uji	Persyaratan	Pemenuhan syarat
VMA (%)	30,61	≥ 15	Memenuhi
VIM (%)	5,0	3,5 - 5	Memenuhi
VFA (%)	88,60	≥ 65	Memenuhi
Stabilitas (kg)	2301,27	≥ 800	Memenuhi
Kelelehan (mm)	5,66	2 - 4	Tidak memenuhi
Marshall Quotient (kg/mm)	409,46	≥ 250	Memenuhi

Dari hasil grafik dan tabel terlihat bahwa penggunaan kadar abu gipsium $\geq 6,5\%$ memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, namun tidak ada yang memenuhi persentase keelehan yang disyaratkan. Ini berarti penambahan kadar abu gipsium akan menambah nilai keelehan namun tetap memenuhi nilai MQ dengan konsekuensi berkurangnya kelenturan pada campuran aspal. Nilai

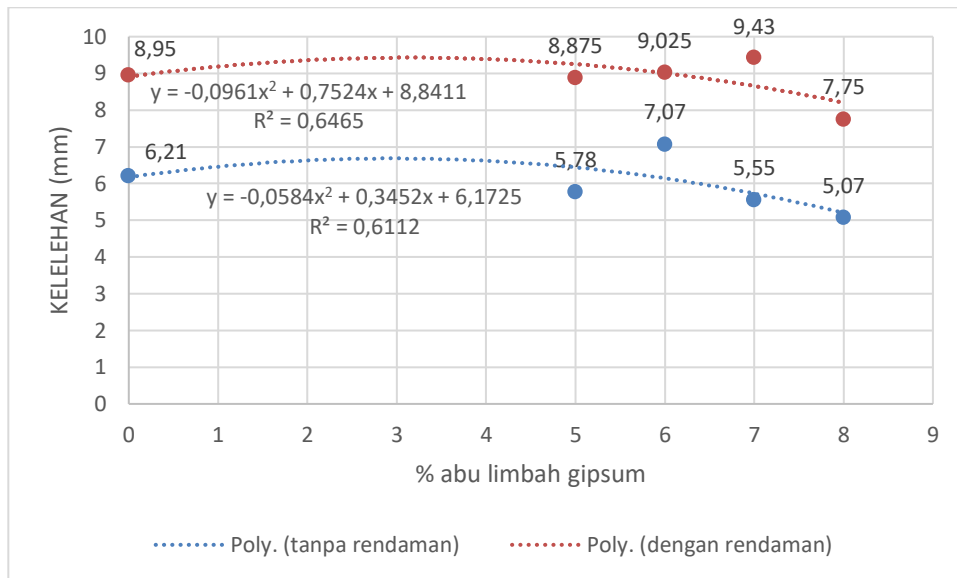
stabilitas pada kadar abu gipsum sebesar 6,5% menunjukkan peningkatan sebesar 285,37 kg atau sebesar 14,16% dari campuran tanpa abu gipsum. Pada nilai Marshall Quotient juga terlihat peningkatan sebesar 83,3 kg/mm yaitu sebesar 25% dari campuran tanpa abu gipsum, ini berarti campuran aspal beton secara signifikan akan semakin kaku.

3.3 Grafik Nilai Marshall Tanpa dan Dengan Perendaman

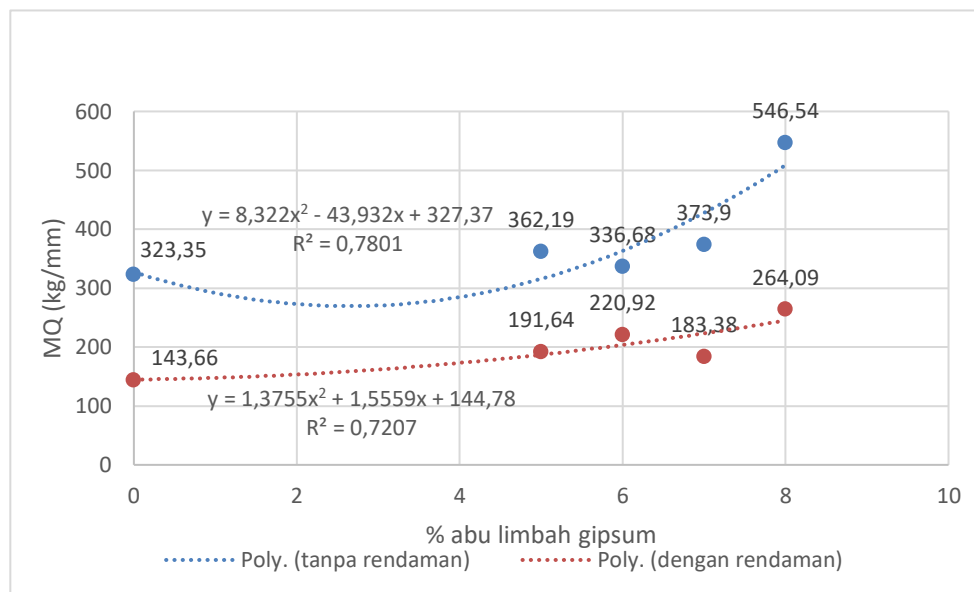
Hasil pengujian di laboratorium terhadap benda uji yang sama dengan tanpa perendaman namun dilakukan perendaman dengan perlakuan basah kering bergantian sebanyak empat kali. Yang menjadi perhatian pada benda uji ini adalah melihat penurunan kualitas nilai uji Marshall benda uji yang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa menggunakan *filler* abu gipsum. Grafik perbandingan hasil uji Marshall berupa nilai stabilitas, nilai kelelahan/*flow*, dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada benda uji yang tidak direndam dengan benda uji yang mengalami perendaman seperti terlihat pada gambar 7 sampai dengan 9.



Gambar 7 Grafik perbandingan nilai stabilitas tanpa dan dengan perendaman



Gambar 8 Grafik perbandingan nilai kelelehan tanpa dan dengan perendaman



Gambar 9 Grafik perbandingan nilai *Marshall Quotient* (MQ) tanpa dan dengan perendaman

Selain uji Marshall tanpa perendaman yang dilakukan dengan kadar aspal maksimum 6% dan menggunakan kadar lateks 7%, dilakukan pula uji yang sama pada benda uji dengan perendaman berulang (kondisi basah kering) sebanyak empat kali. Dari hasil uji menggunakan perendaman didapatkan kecenderungan penurunan stabilitas yang tidak merata dimana penurunan terkecil didapatkan pada penambahan abu gipsum di antara 4-5%. Penambahan kadar gipsum di atas 6,5% terjadi penurunan stabilitas yang makin meningkat sehingga penurunan stabilitas terkecil pada kadar abu gipsum $\geq 6,5\%$ akan didapat kadar abu gipsum sebesar 6,5%. Penurunan nilai stabilitas pada saat perendaman menggunakan abu gipsum 6,5 % didapat sebesar 161,66 kg dengan penurunan sebesar 8% dan meningkat pada penggunaan abu gipsum sebesar 8% yaitu dengan

penurunan stabilitas sebesar 24,42%. Jika dibandingkan dengan campuran tanpa abu gipsum didapatkan nilai penurunan stabilitas sebesar 729,4 kg atau sebesar 36,18%, yang berarti jauh lebih besar dibandingkan penggunaan abu gipsum $\geq 6,5\%$.

Pada grafik uji Marshall untuk nilai kelelahan pada benda uji yang direndam berulang didapatkan peningkatan nilai yang cukup signifikan dan hampir merata, ini menyebabkan penurunan nilai MQ pada penggunaan abu gipsum dengan kadar 6,5% sebesar 180,41 kg/mm dan semakin meningkat pada kadar abu gipsum 8% yang mencapai 263,26 kg/mm. Namun jika dibandingkan dengan penurunan MQ pada campuran tanpa gipsum didapatkan penurunan nilai MQ sebesar 182,59 kg/mm yang nilainya lebih besar namun tidak terlalu signifikan dibandingkan penggunaan abu gipsum 6,5%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis akhir pada uji Marshall dengan menggunakan bahan modifikasi lateks 7% dari aspal optimum 6% dan *filler* abu limbah gipsum dengan perbandingan persentase *filler* yang berbeda, yaitu 0 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 % serta menggunakan gradasi agregat spesifikasi Bina Marga No. IV, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggantian sebagian abu batu dengan abu limbah gipsum berdampak pada peningkatan nilai stabilitas dan penurunan nilai Marshall Quotient yang mengakibatkan beton aspal semakin bersifat kaku.
2. Penggantian abu limbah gipsum yang baik didapatkan pada kadar $\geq 6,5\%$ terhadap *filler* abu batu akan meningkatkan nilai stabilitas pada campuran beton aspal. Selain itu hal ini juga mempengaruhi nilai kelelahan yang semakin meningkat melampaui standar Bina Marga 2010 revisi 2 sehingga mengakibatkan peningkatan nilai MQ. Peningkatan nilai MQ berdampak pada semakin meningkatnya kekakuan pada campuran beton aspal.
3. Proses perendaman berulang (proses basah-kering) sebanyak empat kali menyebabkan menurunkan nilai stabilitas dan penurunan terkecil pada kadar abu gipsum 4-5%. Pada kadar abu gipsum $\geq 6,5\%$ yang mayoritas memenuhi syarat Bina Marga 2010, penurunan stabilitas dan MQ terkecil terdapat pada kadar abu gipsum 6,5%. Maka penggunaan kadar abu gipsum sebesar 6,5% adalah rekomendasi yang terbaik untuk digunakan dalam campuran beton aspal panas.

5. REFERENSI

- Auditia, B. A., et al, 2018. Pengaruh Penggunaan Bubuk Gypsum Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal, *Jurnal Teknik Dan Ilmu Komputer*, Vol.7, No. 27, pp 149–155.
- Badan Standar Nasional Indonesia, 2003. M-01-2003: Pengujian Marshall Campuran Aspal, Badan Standar nasional Indonesia, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Beton Aspal (Laston), SKBI-2.4.26.1987, Badan Penerbit PU, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010. Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3), Departemen PU, Jakarta
- Hidayah, A., Sugeng Dwi Hartantyo, 2021. Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gypsum Sebagai Bahan Pengganti Filler Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course, *Jurnal Mitra Teknik Sipil* Vol. 4, No. 3, pp 545-556, Lamongan
- Kim, H.H., et al, 2019. *Effect of production process on performance properties of warm rubberized binder*, *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, Vol. 6, Issue 6, December 2019, pp 589-597
- Nursandah, F, Moch. Zaenuri, 2019. Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall, *Jurnal CIVILLa* Vol. 4 No.2, Lamongan.
- Prasetio, A, M. Husin Gultom, 2019. Pengaruh Penambahan Bubuk Gypsum (Cornive Adhesive) pada Aspal. Skripsi Prodi Teknik Sipil , UMSU Repository, Universitas Mataram, Mataram
- Prastanto, H, et al, 2018. Sifat Fisika Aspal Modifikasi Karet alam Pada Berbagai Jenis dan Dosis Lateks Karet Alam, *Jurnal Penelitian Karet* 36 (1): pp 65-76
- Sukirman, S., 2003. Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta.
- Thanaya, I. N. A, et al, 2016. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks, *Media Komunikasi Teknik Sipil* Vol 22, No.2, Desember 2016, Bali.